

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perancangan konstruksi merupakan campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang digabungkan dengan intuisi ahli-ahli struktur dengan dasar-dasar pengetahuan seperti statika, dinamika, mekanika bahan dan analisis struktur. Hal tersebut menghasilkan konstruksi bangunan yang ekonomis dan aman, bila rangkaian kegiatan yang berlangsung sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan serta dengan hasil akhir yang maksimal.

#### **2.2 Ruang Lingkup Perancangan**

Ruang lingkup perancangan Bangunan Gedung *Medical Check Up* Rumah Sakit Umum Daerah Sekayu Provinsi Sumatera Selatan meliputi beberapa tahapan yaitu :

##### **2.2.1 Perancangan Konstruksi**

Untuk membangun suatu bangunan, proses perencanaan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu. Dasar perhitungan yang digunakan adalah SNI 2847:2019 tentang Perancangan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung. Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu : pondasi, *sloof*, kolom, balok, pelat lantai, tangga dan atap.

##### **2.2.2 Dasar-dasar Perancangan Konstruksi**

Dalam perancangan gedung *Medical Check Up* Rumah Sakit Umum Daerah Sekayu penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi diantaranya :

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan SNI 03-2847-2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.

- b. Perancangan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847:2019. Digunakan sebagai pedoman untuk menentukan tentang perancangan struktur beton bertulang, meliputi perancangan / perencanaan komponen struktur balok, kolom, pelat, pondasi, dinding penahan tanah, hingga perencanaan struktur beton tahan gempa.
- c. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.
- d. Perencanaan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan
- e. Desain Beton Bertulang oleh Jack C. McCormac

Suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanannya untuk menghasilkan konstruksi yang aman. Adapun jenis pembebanan tersebut, antara lain :

- a. Beban mati

Berdasarkan SNI 1727:2013, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finisihing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

**Tabel 2.1** Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

## Bahan Bangunan

Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11400 kg/m <sup>3</sup>

## Komponen Gedung

Adukan, per cm tebal :	
- Dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>

Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m <sup>2</sup>
- Setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako :	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>
Tanpa lubang :	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
- Semen asbeb (eternit dan bahan lian sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : SNI 1727, 2013)

b. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Adapun beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_0$  dan beban hidup terpusat minimum dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Berat hidup terdistribusi merata minimum,  $L_0$  dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	

Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lantai pertama</li> <li>- Lantai lain</li> </ul>	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. X 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. X 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hunian satu keluarga saja</li> </ul>	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92)	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Hellpad	60 (2,87) tidak boleh direduksi	
Rumah sakit : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang operasi, laboratorium</li> <li>- Ruang pasien</li> </ul>	60 (2,87) 40 (1,92)	1000 (4,45) 1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		

- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000 (13,40)
Gedung perkantoran :		
- Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Bangsas dansa dan ruang dansa		
Gimnasium	100 (4,79)	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	100 (4,79) 60 (2,87)	
Rumah tinggal :		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang</li> <li>- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur</li> <li>- Semua ruang kecuali tangga dan balkon</li> </ul> <p>Semua hunian rumah tinggal lainnya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka</li> <li>- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka</li> </ul>	<p>20 (0,96)</p> <p>30 (1,44)</p> <p>40 (1,92)</p> <p>40 (1,92)</p> <p>100 (4,79)</p>	
<p>Atap</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atap datar, berbubung dan lengkung</li> <li>- Atap digunakan untuk taman atap</li> <li>- Atap yang digunakan untuk tujuan lain</li> </ul> <p>Atap yang digunakan untuk hunian lainnya</p> <p>Awning dan kanopi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan</li> <li>- Rangka tumpu layar penutup</li> </ul> <p>Semua konstruksi lainnya</p> <p>Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik,</li> </ul>	<p>20 (0,96)</p> <p>100 (4,79)</p> <p>Sama seperti hunian dilayani</p> <p>5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka</p> <p>20 (0,96)</p>	<p>2000 (8,9)</p> <p>300 (1,3)</p>



<p>gudang dan perbaikan garasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Semua komponen struktur atap utama lainnya</li> </ul> <p>Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan</p>		300 (1,33)
<p>Sekolah</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang kelas</li> <li>- Koridor di atas lantai pertama</li> <li>- Koridor lantai pertama</li> </ul>	<p>40 (1,92)</p> <p>80 (3,83)</p> <p>100 (4,79)</p>	<p>1000 (4,5)</p> <p>1000 (4,5)</p> <p>1000 (4,5)</p>
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
<p>Tangga dan jalan keluar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah tinggal untuk satu atau dua keluarga saja</li> </ul>	<p>100 (4,79)</p> <p>40 (1,92)</p>	<p>300</p> <p>300</p>
<p>Gedung diatas langit-langit</p> <p>Gedung penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ringan</li> <li>- Berat</li> </ul>	<p>20 (0,96)</p> <p>125 (6,00)</p> <p>250 (11,97)</p>	
<p>Toko</p> <p>Eceran</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lantai pertama</li> <li>- Lantai diatasnya</li> </ul> <p>Grosir, di semua lantai</p>	<p>100 (4,79)</p> <p>75 (3,59)</p> <p>125 (6,00)</p>	<p>1000 (4,45)</p> <p>1000 (4,45)</p> <p>1000 (4,45)</p>
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang	60 (2,87)	

ditinggikan (selain jalan keluar)		
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber : SNI 1727, 2013)

c. Beban Angin

Menurut SNI 03-1727-2013, beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara

d. Beban khusus

Menurut SNI 03-1727-2013, beban khusus ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya

## 2.3 Metode Perhitungan

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan lainnya. Berikut adalah metode perhitungan struktur bangunan :

### 2.3.1 Perancangan Pelat

Pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan pelat lantai.

Sistem penulangan tulangan pelat terbagi menjadi 2 macam, yaitu sistem perancangan pelat dengan tulangan pokok satu arah dan dua arah.

a. Pelat satu arah (*one way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.

Ciri-ciri pelat satu arah adalah pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan, pelat persegi yang ditumpu pada dua sisinya dengan perbandingan antarsisi  $\frac{l_y}{l_x} > 2$

Langkah-langkah perancangan struktur pelat satu arah adalah sebagai berikut :

1) Menentukan tebal minimum pelat

Apabila pelat satu arah direncanakan tanpa memperhitungkan lendutan maka ketebalan minimum pelat dapat dilihat pada tabel di SNI 2847:2013 hal. 70 atau bisa dilihat di tabel dibawah ini.

**Tabel 2.3** Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, $h$				
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

**CATATAN :**

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $W_c$ , di antara 1440-1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan **(1,65-0,0003 $W_c$ )** tetapi tidak kurang dari 1,09.

(b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan **(0,4+  $f_y/700$ )**.

(Sumber : SNI 2847, 2013: 70)

- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana total ( $W_U$ )

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Dimana :

$W_D$  = jumlah beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Dalam perhitungan beban mati pelat, beban mati pelat terdiri dari berat sendiri pelat dan berat komponen gedung. Sedangkan untuk beban hidup diperhitungkan berdasarkan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan.

- 3) Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

$$\text{Tinggi efektif, } d_{eff} = h - p - \frac{l}{2} D$$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (lihat tabel 2.4) :

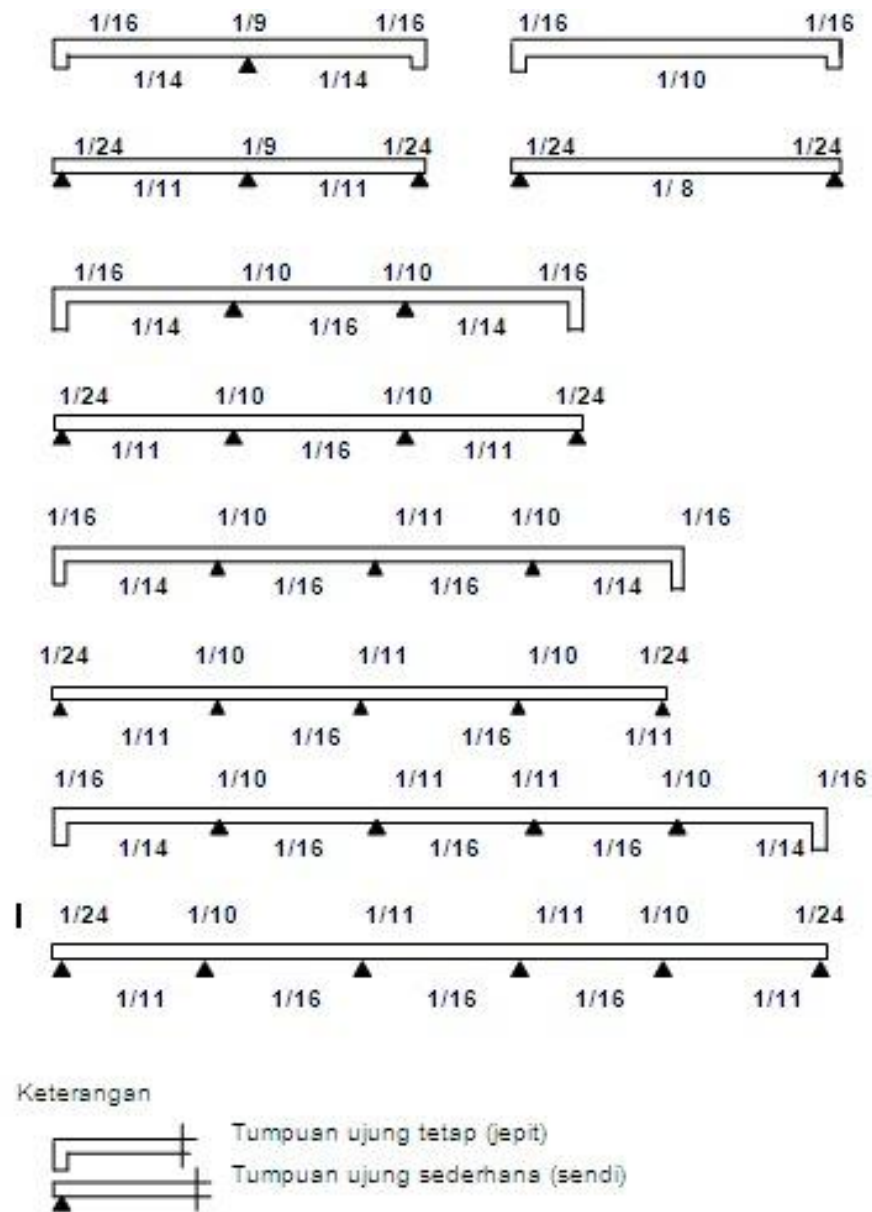
**Tabel 2.4** Tabel Minimum Selimut Beton

	Selimut beton, mm
(a) Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah.....	75
(b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil.....l.....	40
(c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau	
Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57.....	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil.....	20
Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang tulangan D_19 dan yang lebih besar.....	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....s.....	13

(Sumber : SNI 2847, 2013: 51)

4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Nilai koefisien momen untuk menghitung momen rencana dapat dilihat pada Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 karangan Ir Gideon H. Kusuma, M. Eng., halaman 24. Nilai koefisien momen tersebut dikalikan dengan  $W_u L_n^2$  (lihat gambar 2.1)



**Gambar 2.1** Koefisien Momen

5) Menghitung nilai  $Rn$ 

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

6) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \times \rho_b$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

- $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$
- Apabila  $\rho_{min} > \rho$ , maka ketebalan pelat perlu ditambah dan gunakan tulangan rangkap.
- Apabila  $\rho < \rho_{maks}$ , maka tulangan tunggal dapat dipakai.

7) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Dimana :

$$A_s = \text{luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$P$  = rasio penulangan

$d_{eff}$  = tinggi efektif pelat (mm)

## 8) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan tulangan susut dan suhu.

Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013 pasal 7.12 hal 57, luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit

memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 .....0,002
- b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat mutu 420 .....0,0018
- c) Slab yang menggunakan batang tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada renggangan leleh sebesar 0,35 persen..... 0,0018x400/fy

Selain itu, berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013 pasal 7.12.2.2 tulangan susut dan suhu harus di pasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

#### **b. Pelat dua arah (*two way slab*)**

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan  $\frac{l_y}{l_x} < 2$  (rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari 2), maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah (Agus Setiawan, 2016 :252)

Langkah –langkah perencanaan struktur plat dua arah adalah sebagai berikut :

##### **1) Menentukan tebal minimum pelat**

Untuk pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya,  $h$ , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (SNI 2847, 2013 : 72).

- a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan ketentuan sebagai berikut.



**Tabel 2.5** Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

$f_y$ , MPa <sup>[2]</sup>	Tanpa <i>drop panel</i> <sup>[3]</sup>			Dengan <i>drop panel</i> <sup>[3]</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

<sup>[1]</sup> $\ell_n$  adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

<sup>[2]</sup>Untuk  $f_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear

<sup>[3]</sup>*Drop panel* sesuai 8.2.4

<sup>[4]</sup>Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $\alpha_f$  kurang dari 0,8. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

(Sumber : SNI 2847-2019)

- b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih besar dari 2,0, h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana total ( $W_U$ )

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Dimana :

$W_D$  = jumlah beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Dalam perhitungan beban mati pelat, beban mati pelat terdiri dari berat sendiri pelat dan berat komponen gedung. Sedangkan untuk beban hidup diperhitungkan berdasarkan kegunaan lantai ruang gedung yang bersangkutan.

3) Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

Tinggi efektif arah x,  $d_{effx}$  =  $h - p - 1/2 \emptyset$

Tinggi efektif arah y,  $d_{effy}$  =  $h - p - \emptyset - 1/2 \emptyset$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan SNI 2847 : 2013 pasal 7.7 butir 7.7.1 halaman 51.

4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Dalam perhitungan perencanaan  $M_u$  dihitung dengan menggunakan tabel momen (lihat tabel 2.6) yang menentukan parameter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata (W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993 :26).

Seperti pada pelat satu arah yang menerus, pemakaian tabel ini dibatasi dengan beberapa syarat :

- a) Beban terbagi rata
- b) Membatasi perbedaan antara beban maksimum dan minimum pada bentang pelat (atau lekukan)  $W_{u \min} \geq 0,4 W_{u \max}$
- c) Membatasi perbedaan antara beban-beban maksimum pada bentang yang berbeda-beda  $W_{u \max} \text{ terkecil} \geq 0,8 \text{ kali } W_{u \max} \text{ terbesar}$
- d) Membatasai perbedaan dari panjang bentang; yaitu panjang bentang terpendek  $\geq 0,8 \text{ kali } W_{u \max} \text{ terbesar}$

**Tabel 2.6** Momen yang menentukan parameter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

#### 4.2.b Pelat – Umum

Tabel Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ sesuai $l_x$	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
I		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
II		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14
III		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	51	54	55	54	54	53	51	49
IV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
V		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
VI		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
VII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
VIII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
IX		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
X		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
XI		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
XII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
XIII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
XIV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
XV		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
XVI		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
XVII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49

— = terletak bebas

== = menerus pada tumpuan

(Sumber : W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993)

a. Mencari tebal efektif pelat

Rasio tulangan dalam beton ( $\rho$ ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x ( $d_x$ ) adalah :

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah x}$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \phi \text{ tulangan pokok y} - \phi \text{ tulangan arah x}$$

**Tabel 2.7** Tebal Minimum Selimut Beton

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	semua	semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D19 sampai D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, Pelat berusuk dan Dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal, dan, batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengikat	40

(Sumber : SNI 2847:2019:460)

- b. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}; \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$\rho = \frac{f_c}{f_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$Q = \left( \frac{1,7}{\phi f_c'} \right) \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

(Agus Setiawan 2016:71)

- c. Mencari luas tulangan ( $A_s$ )

$$A_{s_{min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b \cdot d \text{ atau ;}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

- d. Mencari jumlah tulangan ( $n$ )

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2}$$

- e. Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

- f. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta dengan tulangan susut dan suhu.

- g. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y ( $d_y$ ) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x  $\rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah x}} - \phi_{\text{arah y}}$

### 2.3.2 Perancangan Tangga

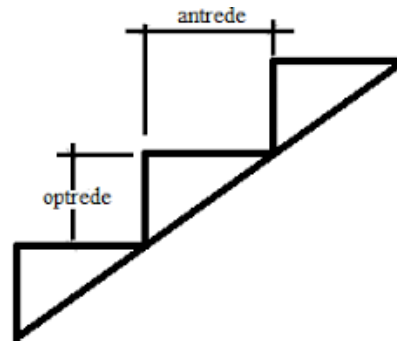
Tangga adalah merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.

#### a. Bagian – bagian tangga

Secara garis besarnya tangga itu terdiri dari bagian – bagian seperti berikut :

##### 1) Anak tangga (*trede*)

Anak tangga adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Bidang *trede* datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan *antrede* (langkah datar), sedangkan bidang *trede* tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua *trede* yang berurutan dinamakan *optrede* (langkah tegak/naik).



**Gambar 2.2** Antrede dan Optrede pada Tangga

##### 2) Ibu tangga (*boom*)

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung tangga.

##### 3) Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang atar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila lelah. Bordes ini dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang

yang mempunyai jumlah *trede* lebih dari 20 buah dan lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga tidak mencukupi.

#### 4) Pelengkap

Pelengkap tangkap terdiri dari tiang sandaran (pegangan) dan ruji (*balustrade*). Tiang sandaran adalah tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan *boom* dan ujung atasnya sebagai tempat menumpangnya sandaran. Sandaran (pegangan) adalah batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas *boom*. Ruji (*balustrade*) merupakan susunan barisan papan – papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman agar orang yang menjalani tangga, bila terpeleset tidak langsung jatuh ke samping.

### b. Syarat – syarat tangga

#### 1) Syarat umum tangga

Syarat – syarat umum tangga diantaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut ini :

##### a) Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan orang dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak.

## b) Kekuatannya

- Bila menggunakan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan/goyang.
- Kokoh dan stabil bila di lalui oleh sejumlah orang dan barangnya, sesuai dengan perencanaan.

## c) Bentuknya

- Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
- Bentuknya rapi, indah dipandangan dan sesuai dengan keadaan di sekitar tangga.

## 2) Syarat khusus tangga

Kenyamanan dan keamanan menjalani tangga sangat tergantung dari besar kecilnya ukuran rata- rata langkah normal pemakai, langkah datar maupun langkah naik sertabesarnya sudut miring tangga itu sendiri. Untuk memperoleh ukuran yang sesuai, berikut ini adalah ketentuan – ketentuan konstruksi tangga :

## a. Untuk bangunan rumah tinggal

- Antrede = 25 cm (minimum)
- Optrede = 20 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 80 - 120 cm (minimum)

## b. Untuk perkantoran dan lain – lain

- Antrede = 25 cm (minimum)
- Optrede = 17 cm (maksimum)
- Lebar tanga = 120 cm (minimum)

## c. Sudut kemiringan

- Maksimum =  $45^{\circ}$

## d. Lebar tangga

Ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat



dipengaruhi oleh banyaknya orang yang akan melalui tangga tersebut. Adapun daftar ukuran lebar tangga ideal dapat dilihat pada tabel 2.7 (Supribadi, 1993 : 17)

**Tabel 2.8** Daftar ukuran lebar tangga ideal

No.	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	$\pm 65$	$\pm 85$
2	1 orang + anak	$\pm 100$	$\pm 120$
3	1 orang + bagasi	$\pm 85$	$\pm 105$
4	2 orang	120 – 130	140 – 150
5	3 orang	180 – 190	200 - 210
6	>3 orang	>190	>210

(Sumber : Supribadi, 1993)

e. Panjang bodres

Ukuran panjang bodres cukup relatif karena disesuaikan dengan luas lantai dan tinggi kosong antara mukalantai bawah dengan plafon di atasnya yang turut mempengaruhi jumlah anak tangga (jumlah optrede). Namun demikian panjang bodres dapat ditentukan dengan pendekatan seperti berikut ini (Sumber : Supribadi, 1993 : 18).

$$\text{Panjang bodres} = L_n + (1,5 - 2a)$$

Dimana :

$L_n$  = langkah normal (57 – 65 cm)

$a$  = antrede

f. Syarat kenyamanan 1 (satu) anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm (1 langkah)}$$

Berikut langkah – langkah perancangan tangga adalah sebagai berikut :

1) Perencanaan ukuran tangga

Perencanaan anak tangga

a) Menentukan ukuran optrede dan menghitung jumlah optrede

$$\text{Jumlah optrede} = \frac{\text{tinggi lantai}}{\text{tinggi optrede}}$$

b) Menentukan ukuran antrede dan menghitung jumlah antrede berdasarkan syarat anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah antrede} = \frac{\text{panjang tangga}}{\text{lebar antrede}}$$

c) Merencanakan lebar tangga

d) Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \alpha = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{lebar tangga}} < 45^\circ$$

2) Perencanaan pelat tangga dan bordes

a) Menghitung panjang bordes =  $L_n + 2a$

b) Menghitung panjang sisi miring tangga

c) Merencanakan tebal pelat tangga dan bordes

3) Pembebanan dan perhitungan struktur

Beban mati

- Berat sendiri pelat tangga  $24 \text{ KN/m}^3$
- Berat anak tangga  $24 \text{ KN/m}^3$
- Berat ubin  $0,24 \text{ KN/m}^2$
- Berat spesi  $0,21 \text{ KN/m}^2$
- Berat sandaran  $0,73 \text{ KN/m}^2$

Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu  $300 \text{ kg/cm}^3$

4) Perhitungan struktur untuk mencari gaya – gaya yang bekerja.

Menggunakan program SAP 2000 :

- Membuat permodelan tangga pada SAP 2000.
- Memasang tumpuan pada permodelan tangga.

- Masukkan beban – beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*run analysis*” namun “*self weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

Menggunakan metode cross :

- $I = \frac{1}{12} b h^3$

- $K = \frac{3 EI}{L} (\text{untuk jepit – sendi})$

$$K = \frac{4 EI}{L} (\text{untuk jepit – jepit})$$

- Menghitung faktor distribusi =  $\mu = \frac{K}{\sum K}$
- Menghitung momen primer =  $M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_U \times L^2$
- Menghitung perataan momen
- Menghitung momen design
- Menghitung *freebody*
- Diagram bidang gaya dalam

(Sumber : Metode Distribusi Momen/Metode cross, oleh Drs. Syahrial AS)

### 5) Perhitungan tulangan

Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari  $As_{min} \leq As \leq As_{maks}$ , apabila  $As < As_{min}$  maka digunakan  $As_{min}$ , apabila  $As > As_{maks}$  maka plat dibuat tulangan *double*

- Perhitungan momen tumpuan dan lapangan yang bekerja
- Merencanakan diameter tulangan yang akan dipakai
- Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

$$\text{Tinggi efektif, } d_{eff} = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan SNI 2847 : 2013 pasal 7.7 butir 7.7.1 halaman 51.

- Menghitung rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4Mu}{1,7 \emptyset f_c' b d^2}} \right]$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \times \rho_b$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

- Mencari luas tulangan dibutuhkan ( $As$ )

$$As = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Dimana :

$$As = \text{luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$d_{eff} = \text{tinggi efektif pelat (mm)}$$

- Mencari luas tulangan ( $Ab$ )

$$Ab = \frac{1}{4} \pi d^2$$

- Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 Ab}{As}$$

### 2.3.3 Perancangan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri dengan atau tanpa dibantu oleh diafragma-diafragma horisontal atau sistem-sistem lantai.

Pada dasarnya sistem struktur bangunan terdiri 2, yaitu :

1. Portal terbuka, dimana seluruh momen-momen dan gaya yang bekerja pada konstruksi ditahan sepenuhnya oleh pondasi, sedangkan sloof hanya berfungsi untuk menahan dinding saja. Pada portal terbuka kekuatan dan kekakuan portal dalam menahan beban lateral dan kestabilannya tergantung pada kekuatan dari elemen-elemen strukturnya.
2. Portal tertutup, dimana momen-momen dan gaya yang bekerja pada konstruksi ditahan terlebih dahulu oleh sloof / beam kemudian diratakan, baru sebagian kecil beban dilimpahkan ke pondasi. Sloof / beam berfungsi sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lain untuk mencegah terjadinya *Differential Settlement* atau pergerakan tanah.

Berikut merupakan pembebanan pada portal :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

Pembebanan akibat beban mati antara lain :

- a) Berat sendiri balok
- b) Berat sumbangan pelat lantai
- c) Berat pasangan dinding
- d) Berat plesteran dinding
- e) Beban akibat aksi balok anak ke balok induk (jika ada)

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

### 3. Portal akibat beban angin

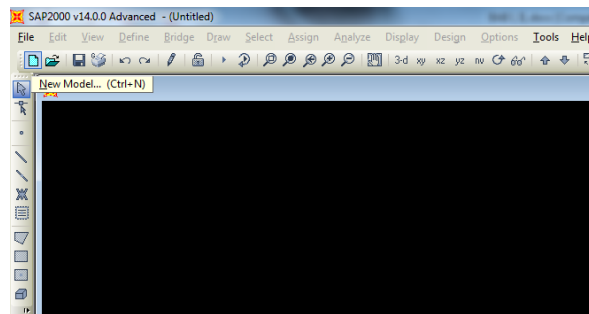
Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Adapun tahapan perhitungan beban angin dapat dilihat pada SNI 1727:2013 hal. 64.

#### a. Menentukan gaya-gaya dalam

Untuk mengetahui nilai gaya-gaya dalam, digunakan program SAP 2000. Adapun langkah – langkah adalah sebagai berikut :

##### 1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

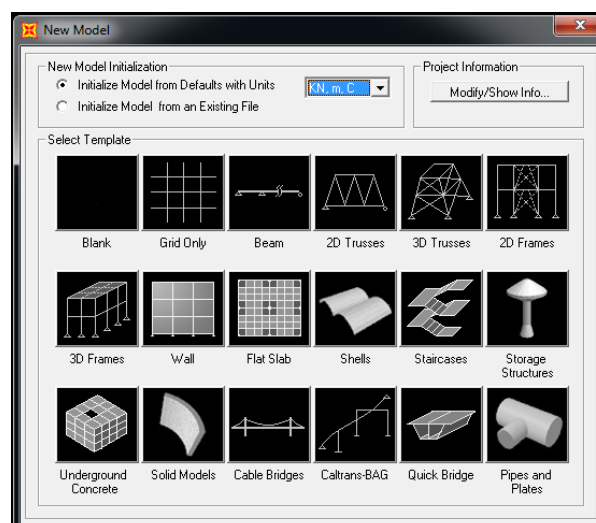
###### a) Klik *New Model* atau CTRL + N



**Gambar 2.3** *Toolbar New Model*

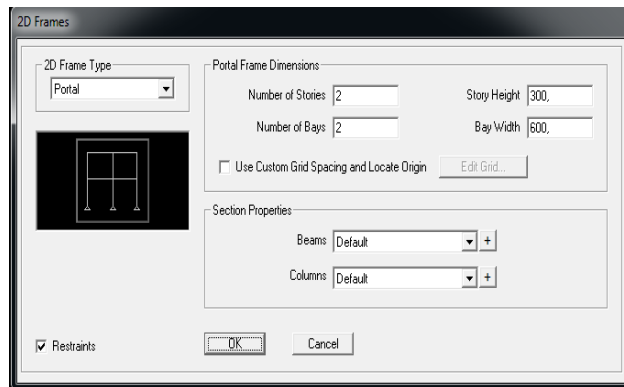
###### b) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *New Model*

Tetapkan satuan yang akan dipakai, misalnya KN, m, C



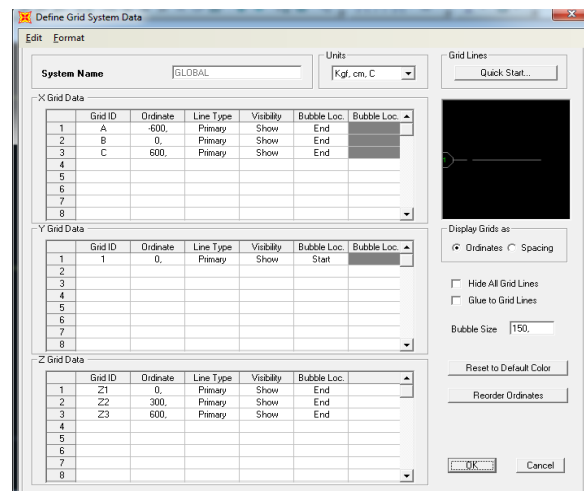
**Gambar 2.4** *Tampilan New Model*

- c) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti gambar 2.7 isikan *Number of stories*, *story height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



**Gambar 2.5** Tampilan *2D Frames*

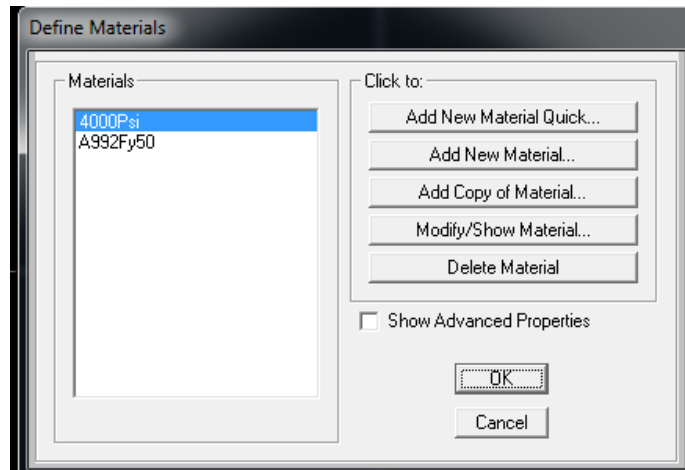
- d) Untuk mengatur kembali jarak – jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid System* data (dapat dilihat pada gambar 2.8) setelah itu dapat dilakukan penyesuaian jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.14



**Gambar 2.6** Define Grid System data

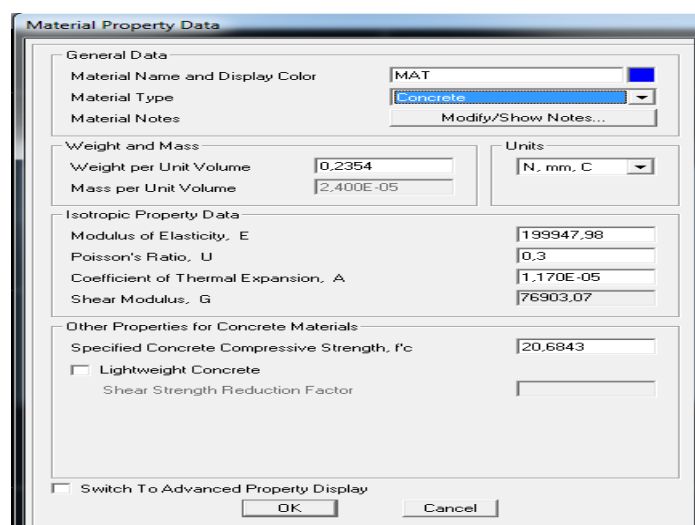
b. Menentukan material

- a) Langkah pertama klik *Define* pada *Toolbar* > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Material*.



**Gambar 2.7** Jendela *Define Material*

- b) Pilih *Add New Material*, maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai Weight per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus  $4700\sqrt{f'_c} \cdot 1000$ , serta ubah juga nilai  $F_c$  dan  $F_y$  sesuai dengan perencanaan dengan masing – masing dikali 1000, klik OK.

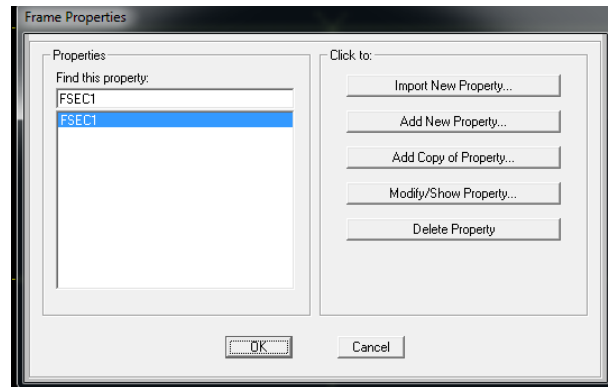


**Gambar 2.8** Jendela *Material Property Data*



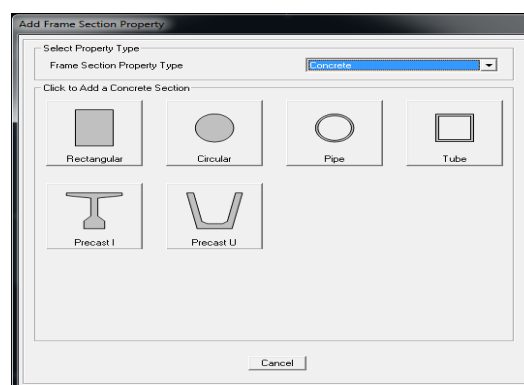
c. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok

- a) Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih *menu* pada *toolbar*, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada gambar 2.11.

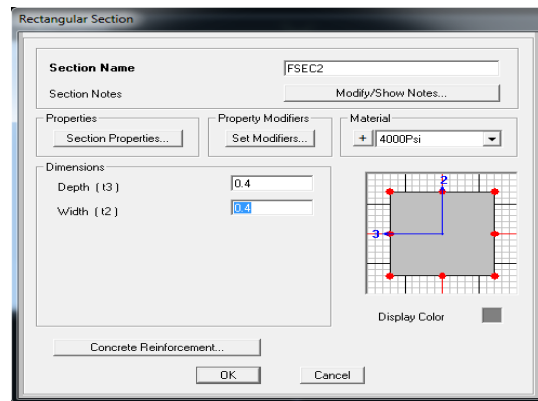


**Gambar 2.9** *Toolbar Frame Properties*

- b) Klik *Add new property*, maka akan muncul jendela *add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type*, ganti *frame selection property type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).

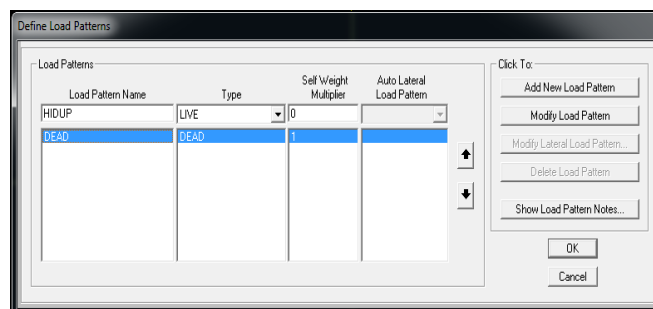


**Gambar 2.10** *Toolbar Frame Properties*



**Gambar 2.11** Jendela *Rectangular Section*

- c) Ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok/Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.
- d) Untuk menentukan *framerate* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada *toolbar* pilih menu *Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.
- d. Membuat cases beban mati, beban hidup dan angin
  - a) Pilih menu pada *toolbar*, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load pattern* seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

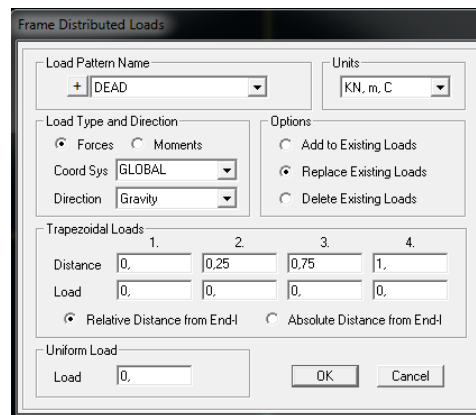


**Gambar 2.12** Jendela *Define Load Pattern*

b) Input nilai beban mati, beban hidup dan angin

1) Akibat beban merata

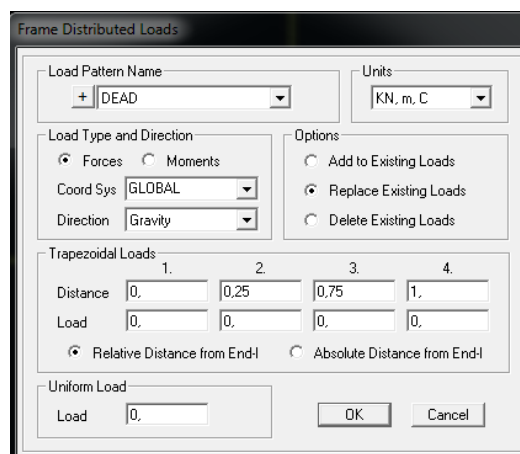
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame Loads – Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load patter*.



**Gambar 2.13** *Jendela Frame Disributed Loads*

2) Akibat beban terpusat

Sama halnya dengan menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame – selanjutnya* yang dipilih adalah *Points*, maka akan tampil jendela seperti gambat berikut :

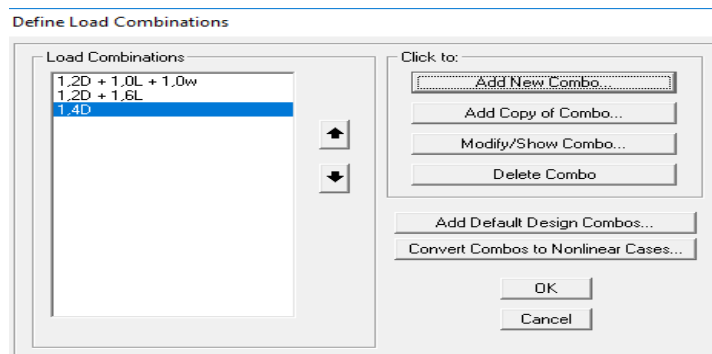


**Gambar 2.14** *Jendela Frame Point Loads*

e. *Input Load Combination* (beban kombinasi), yaitu :

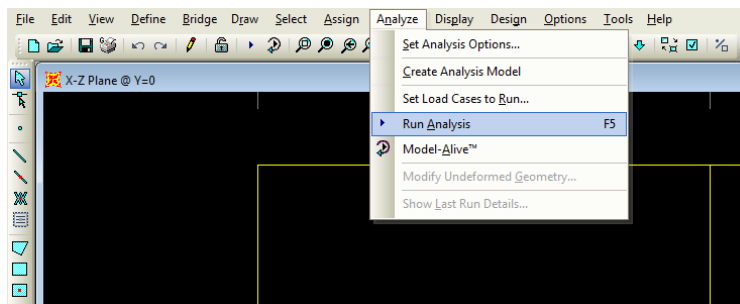
- 1) 1,4 Beban Mati
- 2) 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup
- 3) 1,2 Beban Mati + 1,0 Beban Hidup + 1,0 Beban Angin

Balok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, Define – Combination – add new combo, kemudian akan terlihat seperti gambar berikut :



**Gambar 2.15** Jendela *Loads Combination*

f. Run Analysis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.16** Jendela *Frame Point Loads*

### 2.3.4 Perancangan Balok

Balok merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini

berupa tulangan memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser/begel (yang menahan beban geser dan torsi).

Adapun langkah-langkah perancangan balok adalah sebagai berikut:

1. Menentukan mutu dari beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang akan terjadi, yaitu :
  - a. Beban hidup
  - b. Beban balok
  - c. Beban mati
  - d. Sambungan plat
3. Menghitung beban *ultimate* =  $U = 1,2 D + 1,6 L$
4. Menghitung momen rencana =  $M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$
5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a. Penulangan lentur lapangan

$$l_n = L - (1/2 L_k) - (1/2 L_k)$$

$$D_{eff} \text{ balok} = \text{lebar balok} - P - \emptyset \text{ sengkang} - 1/2 \emptyset \text{ sengkang}$$

Lebar efektif

- $B_{eff} \leq 1/4 L$
- $B_{eff} \leq 16 h_f + b_w$
- $B_{eff} \leq b_w + l_n$

Sehingga, diambil  $B_{eff}$  terkecil

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times c.a.b_{eff}}{f_y}$$

(Agus Setiawan:2016:57)

- b. Penulangan lentur tumpuan

- 1) Menentukan  $d_{eff} = h - \rho - \emptyset \text{ sengkang} - 1/2 \emptyset \text{ tulangan utama}$

- 2) Menghitung nilai  $\rho$

$$Q = \left( \frac{1,7}{\emptyset f_c'} \right) \frac{M_u}{b.d^2}$$

$$\rho \text{ hitung} = \frac{f_c'}{f_y} \left[ 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

c. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d_{\text{eff}}$$

$A_{s_{\min}}$  harus lebih besar dari :

$$\begin{aligned} - A_{s_{\min}} &> \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \\ - A_{s_{\min}} &> \frac{1,4}{f_y} b_w d \end{aligned}$$

(SNI 2487:2019 Pasal 9.6.1.2, hal.189)

a. Menghitung tulangan geser rencana

Berikut langkah-langkah perhitungan tulangan geser rencana balok :  
(Setiawan, 2016:103).

1) Hitung gaya geser ultimit,  $V_u$  dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada lokasi penampang kritis, yaitu sejauh  $d$  dari muka tumpuan.

2) Hitung nilai  $\phi V_c$ ,  $\frac{1}{2} \phi V_c$

$$\phi V_c = \phi \left( 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w d$$

3) Periksa nilai  $V_u$

- Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser
- Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum.  
Dapat digunakan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum ditentukan langkah 7).
- Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan sesuai langkah 4) sampai 8).

4) Hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5) Hitung nilai  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

Apabila  $V_s < V_{c2}$  maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, namun bila  $V_s > V_{c2}$  maka ukuran penampang harus diperbesar.

- 6) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan :

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

- 7) Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang ( $S_{maks}$ ) sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847:2013.
- 8) Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung pada langkah 6)  $< S_{maks}$ , maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$  dan jika  $s_1 > S_{maks}$  maka gunakan jarak  $S_{maks}$  sebagai jarak tulangan sengkang.
- 9) Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan  $S_{min} = 75$  mm untuk  $d \leq 500$  mm, dan  $S_{min} = 100$  mm untuk  $d > 500$  mm. Jika nilai  $s$  yang diperoleh kecil, maka dapat ditempuh jalan memperbesar diameter tulangan sengkang atau menggunakan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

### 2.3.5 Perancangan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. (Agus Setiawan, 2016:146)

Pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna dan kolom harus memikul momen lentur yang berasal dari balok atau juga momen lentur yang timbul akibat gaya-gaya lateral seperti angin atau gempa bumi. Karena alasan-alasan inilah maka dalam proses desain elemen kolom, harus diperhitungkan terhadap aksi simultan antara aksial dan momen lentur. (Agus Setiawan. 2016:156)

Langkah kerja dalam perancangan kolom adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari  $d_{\text{eff}} = h - \rho - \emptyset$  sengkang –  $\frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama
- 2) Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} (d)$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_s' = \left( \frac{C_b - d}{C_b} \right) \times 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\emptyset P_n = \emptyset (0,85 \times f_c' \times A_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Istimawan, hal. 324)

- $\emptyset P_n < P_u$ , beton hancur di daerah tekan
- $\emptyset P_n > P_u$ , beton hancur di daerah tarik

- 3) Memeriksa kekuatan penampang

$$\text{- Akibat keruntuhan tekan} = P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,050} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

- Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left( \left( \frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left( \frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d-d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right)$$

(Istimawan, hal.326)

- 4) Tulangan pada kolom dibuat simetris berdasarkan kombinasi dari hasil  $P_u$  dan  $M_u$  pada perhitungan SAP di portal.

- 5) Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

$$\text{- } e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} > e_{ux} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ perhitungan kolom melihat arah x}$$

$$\text{- } e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} < e_{ux} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ perhitungan kolom melihat arah y}$$

- 6) Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi  $= \beta \cdot d = \frac{1,2 \cdot D}{(1,2 \cdot D + 1,6 L + 0,5 R)}$

- 7) Modulus elastisitas beton  $= E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$  MPa

(Agus Setiawan, hal. 159-200)



## 8) Nilai Kekakuan

$$I_g = 1/12 b.h^3$$

$$I_k = 0,701_g \text{ (kolom)}$$

$$I_b = 0,351_g \text{ (balok)}$$

(Sumber : SNI 2847-2019, hal.102)

9) Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$ 

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{EI}{L_c} \right)}$$

(Agus Setiawan, hal. 199)

## 10) Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

- Rangka tanpa pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 22$
- Rangka dengan pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 22 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$
- Apabila Elemen Struktur tekan tak bergoyang  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$  Atau elemen struktur tekan bergoyang  $\frac{Klu}{r} < 22$ , maka perencanaan menggunakan metode pembesaran momen.

(Agus Setiawan, hal.201)

## 11) Pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k.Lu)^2}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1,0$$

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(Agus Setiawan:2016:205)

## 12) Desain Penulangan

- Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1,5% sampai 3% dari luas penampang kolom
- Menghitung  $A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{eff}$
- Menentukan tulangan yang akan digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b.d}$$

### 2.3.6 Perancangan Sloof

Sloof merupakan elemen struktur yang terdapat pada bangunan gedung atau bangunan yang menggunakan pondasi dalam atau pondasi dangkal setempat. Sloof ini sama dengan balok hanya saja letaknya distruktur bawah. Sloof berfungsi sebagai pengaku antara pondasi satu dengan yang lainnya sehingga tingkat kekakuan dari struktur bawah meningkat. Sloof ini balok pengikat (SNI 2847, 2013).

Berikut langkah-langkah perhitungan pada sloof : (Setiawan, 2016:79)

- 1) Tentukan  $d_{eff} = h - p - \emptyset - \frac{1}{2}\emptyset$
- 2) Hitung rasio tulangan seimbang  $\rho_b$ , rasio tulangan maksimum,  $\rho_{maks}$ , dan rasio tulangan minimum,  $\rho_{min}$  dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,0003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \rho_b$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (untuk mutu beton } f'_c \leq 30 \text{ MPa)}$$

- 3) Hitung  $R_{u \text{ maks}}$  menggunakan  $\rho_{maks}$

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{maks} f_y \left( 1 - \frac{\rho_{maks} f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

- 4) Hitung luas tulangan tunggal maksimum

$$A_{s1} = \rho_{maks}^{bd}$$

- 5) Hitung kuat momen rencana balok bertulangan tunggal,  $M_{u1}$

$$M_{u1} = R_{umaks}^{bd^2}$$

Jika  $M_{u1} < M_u$ , maka diperlukan tulangan tekan

Jika  $M_{u1} > M_u$ , maka tidak diperlukan tulangan tekan

- 6) Jika tidak diperlukan tulangan tekan, maka perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai rasio tulangan ( $\rho$ ) dan luas penampang tulangan yang diperlukan ( $A_{s \text{ perlu}}$ )

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{4 M_u}{1,7 \phi f'_c b d^2} \right)} \right]$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d$$

- 7) Hitung diameter dan jumlah tulangan yang akan dipakai

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

- 8) Tulangan geser

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal.485)

- 9) Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ , maka

$S = d/2$  atau 600 mm

$0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ ,

maka  $S = d/4$  atau 300 mm

(SNI 2847-2019 Pasal 10.7.6.5.2 hal. 223)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2019 Pasal 11.4.5, R9.6.3 hal. 192)

Rumus sengkang vertikal :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

### 2.3.7 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Pondasi dari suatu struktur pada umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen-elemen pondasi. Elemen pondasi adalah elemen transisi antara tanah dan batuan dengan struktur atas. (Agus Setiawan, 2016:298)

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan disekitar pondasi
4. Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perancangan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan
2. *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diizinkan. Jika ada kemungkinan yang melebihi dari perhitungan awal, maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri-sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam (Sardjono, 1988:1). Penggolongan pondasi tiang adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan material tiang yang digunakan
2. Berdasarkan teknik pemasangan tiang
3. Berdasarkan cara tiang meneruskan beban

*Pile cap* berfungsi untuk menyebarkan beban dari kolom ke tiang-tiang pancang. Perancangan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut : (Teng, 1962).

1. Pelat *pile cap* sangat kaku
2. Ujung atas tiang menggantung pada *pile ca*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap*
3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu, distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam merancang pondasi : (Sardjono, 1988:32)

1) Tahanan ujung (*end bearing pile*)

- a) Terhadap kekuatan bahan pondasi tiang pancang :

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'_c \times A_{\text{tiang}}$$

- b) Terhadap kekuatan tanah :

Daya dukung ujung tiang ultimit

$$Q = 40 \times N_{60'}(L/D) < 400 \times N_{60'}$$

$$Q_{\text{ultimate}} = A_{\text{ujung}} \cdot Q_{\text{maks}} + 0 \cdot f_{\text{total}}$$

$$Q_{\text{izin}} = \frac{Q_{\text{ult}}}{F}$$

2) Menentukan jumlah tiang pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer}$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{izin}}}$$

3) Menentukan jarak antar tiang

$$S \geq 2,5 - 3,0D$$

4) Menentukan efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right\}$$

5) Menentukan daya dukung grup tiang pancang

$$Q_{\text{ultimit grup}} = Q_{\text{izin}} \cdot n \cdot E_g$$

6) Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu X dan Y

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n y \cdot \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n x \cdot \Sigma Y^2}$$

### 7) Penulangan

- a) Menentukan tebal tapak pondasi

$$d_{eff} = h - p - D - \frac{1}{2} D$$

- b) Menentukan  $P_{u total}$

$$P_{u total} = 1,2 Qd + 1,6 Ql$$

- c) Tinjauan gaya geser 1 arah

$$\text{Gaya geser terfaktor} = V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal =

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w \cdot d$$

$$V_u < \phi V_c$$

- d) Tinjauan gaya geser 2 arah

$$\text{Gaya geser terfaktor} = V_u = \Sigma P_u$$

Gaya geser nominal =

$$\phi V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$$

$$V_u < \phi V_c$$

### 8) Perhitungan *pile cap*

*Pile cap* merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan *pile cap* adalah sebagai berikut: (Agus Setiawan, 2016:326)

- a) Hitung beban terfaktor yang dipikul oleh kolom

- b) Periksa terhadap geser dua arah di sekitar kolom

$$b_o = 4 (c + d)$$

- c) Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_1 d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

d) Periksa geser dua arah di sekitar tiang pancang

$$b_o = 2 \text{ (jarak as tiang ke tepi } pile \text{ cap} + c/2 + d/2)$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pelat pondasi

e) Desain penampang terhadap lentur

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan *pile cap* diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom

f) Hitung nilai  $\rho$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u}{1,7 \phi f'_c b d^2}} \right]$$

g) Hitung  $A_s$  perlu dan  $A_s$  min

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

h) Hitung jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

9) Perhitungan tulangan pasak

Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$\phi P_n > P$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0058 \times A_g$$

$$n = \frac{A_{s \text{ min}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

## **2.4 Pengelolaan Proyek**

### **2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)**

Rencana kerja dan syarat –syarat (RKS) merupakan dokumen penting selain gambar rencana untuk kelengkapan dokumen tender. Keneradaannya sangat menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek.

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) ini diperlukan tidak hanya pada pekerjaan baru saja, namun juga diperlukan untuk pekerjaan perbaikan dan renovasi bangunan, pekerjaan pemeliharaan dan pekerjaan-pekerjaan lain yang spesifik. (Wulfram, 2005:200)

Umumnya isi dari RKS terdiri dari lima bagian :

1. Keterangan
2. Oenjelasan umum
3. Peraturan teknis
4. Syarat pelaksanaan
5. Peraturan administrasi

### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya, dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan rencana anggaran biaya adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan atau penyelesaian.

Adapun langkah-langkah menghitung Rancangan Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut (Wulfram, 2005:142) :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga, serta kemampuan pasar menyediakan bahan atau material konstruksi secara kontinu



2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*burgelijke openbare werken*).
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan
5. Membuat rekapitulasi

#### **2.4.3 Rencana Pelaksanaan (*Time Schedule*)**

##### **1. Network Planning (NWP)**

*Network Planning* adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar kegiatan.

Adapun manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain (Wulfran, 2005:154) :

- a. Alat koordinasi bagi pimpinan, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada di lapangan.
- b. Rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitannya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item pekerjaan.
- c. Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketepatan waktu dari setiap item kegiatan di lapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan di lapangan.

- d. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari pembandingan rencana dari realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

Tanda (simbol) yang digunakan pada *network planning diagram* adalah sebagai berikut :

- a) Anak panah (*arrow*)

Anak panah menunjukkan hubungan antar kegiatan, demikian juga dicantumkan durasi. Awal busur panah dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah sebagai akhir kegiatan. Panah sendiri dimulai dari kiri menuju ke kanan.

- b) Lingkaran kecil (*node*)

Lingkaran kecil ini merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan-kegiatan (anak panah)> Node diberi nomor urut.

- c) Anak panah terputus-putus (*dummy*)

Perbedaan dari kegiatan biasa, *dummy* tidak menggunakan durasi (nol) dan tidak menggunakan sumber daya. *Dummy* hanya berfungsi sebagai penghubung antar kegiatan.

- d) *Earliest event time & latest event time*

*Earliest event time* adalah suatu kejadian paling cepat, *latest event time* adalah suatu kejadian paling lambat.

## 2. Barchart

*Barchart* adalah daftar urutan bagian – bagian pekerjaan dan garis – garis lurus menyerupai balok yang menunjukkan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian – bagian pekerjaan dalam suatu proyek. Format bagan balok informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana.

Pada bagian ini juga dapat ditentukan *milestone* sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan

Penyajian informasi bagan balok agak terbatas, misal hubungan antar-kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan kurang terinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sukar untuk dilakukan.

### 3. Kurva S

Menurut Abrar Husen (2009 : 135) kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S.

Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.